Emil-Fischer-Schule Berlin Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik Fachrichtung Bäckereitechnik

TECHNIKERARBEIT

Entwicklung eines verkaufsfähigen Brotes aus unter kontrollierten Bedingungen gezogenen Getreidekeimlingen.

Friederike Freudenberg

Berlin

Erstellt im Zeitraum von August 2014 April 2015

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort	3
2 Problemstellung	4
3 Vorversuch	5
3.1 Einleitung	5
3.2 Durchführung	5
3.3 Zerkleinerung	
3.4 Maschinen	8
3.4.1 Rotor-Stator-System	8
3.4.2 Fleischwolf	9
3.4.3 Kutter	12
3.5 Auswertung der Zerkleinerungsmethoden	15
3.5.1 Rotor-Stator-System	15
3.5.2 Fleischwolf	15
3.5.3 Kutter	16
4 Hauptversuch	17
4.1 Einleitung	17
4.2 Durchführung	17
4.2.1 Sauerteig	19
4.2.2 Hauptteig	19
4.3 Rohstoffe und Rezepturparameter	24
4.4 Geräte und Maschinen	
4.4.1 Geräte	25
4.4.2 Maschinen	25
5 Ergebnisse	26
6 Diskussion	28
7 Zusammenfassung	32
8 Summary	33
9 Fazit	34
10 Abbildungsverzeichnis	35
11 Tabellenverzeichnis	
12 Quellen- und Literaturverzeichnis	
13 Danksagung	
14 Eidesstattliche Erklärung	40

1 Vorwort

In der heutigen Zeit ist der Markt nahezu gesättigt mit unzählbaren Mengen an Brotsorten. Hin und wieder möchte der Bäcker auf Altbewährtes zurück greifen und dem Verbraucher etwas vergleichsweise "Simples" und Transparentes bieten.

Brot aus enzymatisch verändertem Getreide ist aufgrund der hohen Proteinase- und Amylasenaktivität schlecht backfähig (siehe 2. Problemstellung) und findet daher nur ungern Verwendung Bäckereialltag. Immer wieder wird es Jahre geben, in denen angekeimtes Getreide geerntet wird, denn die Landwirtschaft leidet stark unter den Umwelteinflüssen. Durch feuchtes Klima und / oder Nachtrocknung des Getreides kommt es zu einer unbeabsichtigten Keimstimmung im Korn. Daraus resultieren ungewollte enzymatische Prozesse.

Es wäre verwerflich, diese Mengen an Rohstoffen nicht für die Herstellung von Lebensmitteln zu nutzen. Denn Brot aus gekeimten Getreide ist ebenfalls gesund und nahrhaft. Während der Keimung modifizieren sich durch biologische Prozesse die Inhaltsstoffe im Korn, wodurch der Gesundheitswert beachtlich steigt. Aus diesem geht eine Vielzahl von Mineralstoffen, Spurenelementen und Proteinen hervor. Die Verdauung des menschlichen Körpers wird durch die enzymatisch bearbeiteten Getreidekörner entlastet und kann so die Vitalstoffe besser aufnehmen und verarbeiten. Ferner entwickeln die Samen während der Keimung ein angenehmes, leicht würzig-nussiges Aroma.

Keimlinge sind also nicht nur gesund und sättigend, sondern auch wohlschmeckend, günstig und ganzjährig verfügbar. Diese positiven Eigenschaften in einer verkaufsfähigen Backware vereint, wünschenswert, aber technologisch nicht ganz einfach. Denn wie bei allen Naturprodukten wird besondere Aufmerksamkeit benötigt, um eine sichere Gewinnung von Keimlingen und die Produktion zufriedenstellender Backwaren zu gewährleisten.

2 Problemstellung

Der durch Witterungseinflüsse erhöhte Feuchtigkeitsgehalt auf den Getreidefeldern animiert die Körner durch Keimung, eine neue Pflanze auszubilden. Belangvoll ist der Roggen gefährdet, denn dieser ist durch den natürlich hohen Enzymgehalt von allen Getreidearten am führendsten betroffen. Hinzukommend besitzen die Samenkörner des Roggens eine niedrige Dormanz (Entwicklungsverzögerung/Keimruhe). Die im Getreide enthaltene Gibberellinsäure fungiert als natürliches. pflanzliches Wachstumshormon, das die Körner auskeimen lässt. Die Amylase beginnt, die Stärke zu Zucker abzubauen, mit dem die neu entstehende Pflanze genährt werden soll. Dieser Vorgang ist biologisch sehr sinnvoll, jedoch landwirtschaftlich unvorteilhaft.

Die verringerte Stärkemenge im Getreide beeinträchtigt die Backfähigkeit gravierend. Je höher die α-Amylase-Aktivität ist, desto mehr muss die Backfähigkeit der Teige mit Säure- und / oder Salzzugabe reguliert werden. Wird dies nicht getan, kommt es zu Fehlern, die unverkäufliche und teilweise ungenießbare Brote hervorbringen. Nicht selten gehören dazu: Abgebackene Kruste, klitschige Krume, geringes Volumen und Wasserstreifen am Brotboden. Schon bei geringem Auswuchs sinkt die Wasseraufnahmefähigkeit des Mehls, da die Quellbereitschaft der Stärke abnimmt. Bei Unsicherheit gegenüber des Auswuchsmaßes kann die Schädigung der Stärke mit Fallzahl, Maltosezahl und Amylogramm bestimmt werden.

In diesem Projekt sind all diese sonst negativen Eigenschaften des Getreides gewünscht und werden künstlich erzeugt. Die benötigten Parameter werden so protokolliert, dass die Keimbedingungen für die Getreidekörner problemlos reproduzierbar sind.

Unter Einhaltung bestimmter Vorgaben ist auch enzymatisch verändertes Getreide verarbeitungs- und backfähig. Es erfordert lediglich Zeit, etwas Platz und Mut, sich dem unpopulären Thema zu stellen. Die resultierende Gaumenfreude hat eine entschädigenden Charakter.

3 Vorversuch

3.1 Einleitung

Es existieren bestimmte Parameter, die von Getreidekörnern zur Keimung benötigt werden. Am wichtigsten ist die Wasserzufuhr. Wie auch auf den Getreidefeldern brauchen selbst hergestellte Keimlinge einen Feuchtigkeitsgehalt von 25-30%, um aktiviert zu werden. Das bietet jedoch optimale Bedingungen für das Wachstum von Kahmhefen, deren Erscheinen an der dünnen, schmierigen Kahmhaut auf den Keimlingen sowie an dem unangenehmen, gärigen Geruch zu erkennen sind. Diese aeroben Hefen fördern durch Verstoffwechselung den bakteriellen Verderb. Durch regelmäßiges Spülen wird die Zahl der Kahmhefen reduziert und die Fermentation der Getreidekörner unterbunden.

Des weiteren können die Getreidekörner vom Feld mikrobiell belastet sein, z.B. durch Schimmelpilzsporen. Durch eine Maximaltemperatur von ca. 16°C wird das Risiko der Vermehrung eingeschränkt.

Während der die Verstoffwechselung Keimung wird durch Kohlenstoffdioxid frei gesetzt. Mit zunehmendem Wachstum benötigen die Keimlinge mehr Sauerstoff und somit steigt der Kohlenstoffdioxidausstoß. Wenn dieser nicht durch Wasserspülungen und das regelmäßige Entlüften durch Umwälzen wieder in ein ausgewogenes Sauerstoff-Kohlenstoffdioxid-Verhältnis neutralisiert wird, könnte der Keimprozess beeinträchtigt werden.

3.2 Durchführung

Für den heimischen Vorversuch wurden Weizenkörner der Sorte "Astardo" der Firma Brodowin verwendet. 7kg des Getreides wurden mit einer Schütthöhe von ca. 15cm in Behälter gegeben, so dass diese etwa zur Hälfte gefüllt waren. Das Leitungswasser, mit dem die Getreidekörner zweimal gespült wurden, besaß eine Temperatur von 18,7°C. Nachfolgend lagerten die Behälter im Kühlschrank.

Dieser war auf die kälteste Stufe eingestellt, die aber auf Grund der hohen Belastung nicht gehalten bzw. erreicht werden konnte.

Es muss darauf geachtet werden, die Behälter nicht hermetisch zu verschließen, um eine permanente Luftzufuhr zu garantieren.

In einem Intervall von 4 Stunden wurden die Getreidekörner gespült und umgewälzt.

Die gesamte Einweichzeit umfasste 12 Stunden. Da die Temperaturen im heimischen Kühlschrank etwas hoch waren (siehe Tabelle 1, Seite 6) wurde die Schütthöhe zur Keimung von 15 auf 10 cm reduziert.

Das 4 Stunden-Intervall blieb für den Keimprozess unverändert.

Nach einer Keimzeit von 24 Stunden wurden die Keimlinge zerkleinert (siehe 3.3 Zerkleinerung, Seite 7).

200g unbehandelte Körner wogen nach der Keimung 328g. Dies entspricht einer Wasseraufnahme von 64% des ursprünglichen Gewichts.

Tabelle 1: Temperaturwerte der Keimlingsherstellung

Quellphase						
Stunde	Temperatur in °C					
0-Ausgangswert	22,1					
4	17,2					
8	17,9					
12	18,9					
Keimung						
16	17,6					
20	17,1					
24	16,2					
28	16,2					
32	16,2					
36	16,0					



Abbildung 1: Nach 12 Std. Einweichung



Abbildung 2: Nach 12 Std. Keimung



Abbildung 3: Endstadium des Keimprozesses

3.3 Zerkleinerung

Für eine effektive Zerkleinerung während des Hauptversuchs wurden vorab verschiedene Maschinen getestet. Zur Auswahl standen: Rotor-Stator-System, Fleischwolf und Kutter. Die Keimlinge sollten bei der Zerkleinerung geringstmöglich beansprucht werden, aber trotzdem eine pastöse, verarbeitungsfähige Masse ergeben. Denn umso kleiner die Partikel sind, desto höher ist das Gebäckvolumen. Außerdem sollte die Maschine eine problemlose Reinigbarkeit und Handhabbarkeit aufweisen und somit eine leichte tägliche Benutzung ermöglichen.

3.4 Maschinen

3.4.1 Rotor-Stator-System

Der Schneidring im Zahnkranz des Rotors wurde auf eine Spaltbreite von 1,3mm eingestellt. Durch die kreisende Bewegung des Rotors wirken Scher- und Schubkräfte auf die Keimlinge, die so durch den Zahnkranz des Stators gefördert und zerkleinert werden. Die entstandene Masse zeigte optisch ein wünschenswertes Bild. Die hohe Wärmeentwicklung erwies sich als äußerst problematisch. Die Außentemperatur der Masse wurde auf 37°C und die Kerntemperatur auf 54°C bestimmt.

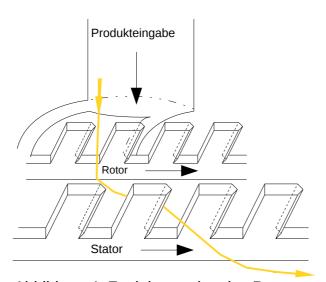


Abbildung 4: Funktionsweise des Rotor-Stator-Systems



Abbildung 5: Zerkleinerungsergebnis Rotor-Stator-System

3.4.2 Fleischwolf

Die Keimlinge wurden über einen Trichter in die Maschine gegeben. Mittels einer internen Förderschnecke wurden die Keimlinge durch eine Lochscheibe in den Auffangbehälter gedrückt. Um genügend Ergebnisse zu erhalten, kamen verschiedene Lochscheibenstärken zur Verwendung, die Einfluss auf die Temperatur der Masse hatten. Die Zusammenhänge sind in Tabelle 2 dargestellt.

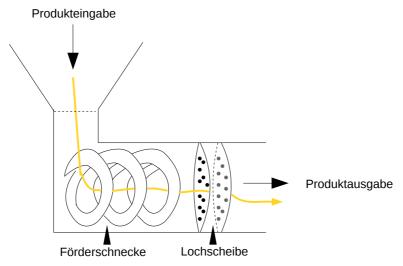


Abbildung 6: Funktionsweise des Fleischwolfs

Tabelle 2: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung mittels Fleischwolf

Versuchsnummer	Lochscheibe (mm)	Temperatur (°C)
1	8	21,5
2	5	22,8
3	3	24,8
4	2	31,4

Erwärmung der Keimlinge während der Zerkleinerung

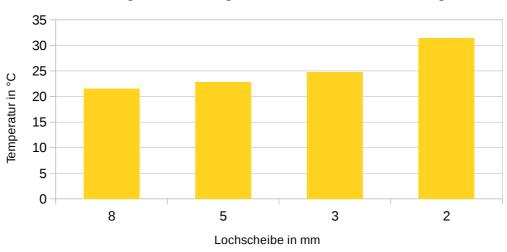


Abbildung 7: Diagramm zur Wärmeentwicklung vom Fleischwolf

Die Verarbeitung im
Fleischwolf hatte eine deutliche
Entwässerung des Keimguts
zur Folge,
die in Abbildung 7 erkennbar ist.



Abbildung 8: Produktausgabe des Fleischwolfs



Abbildung 9: Keimlinge mit 8mm Zerkleinerung



Abbildung 10: Keimlinge mit 5mm Zerkleinerung



Abbildung 11: Keimlinge mit 3mm Zerkleinerung



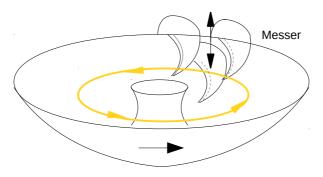
Abbildung 12: Keimlinge mit 2mm Zerkleinerung



Abbildung 13: Lochscheiben des Fleischwolfs in 8,5,3 und 2mm (v.l.)

3.4.3 Kutter

Die Keimlinge wurden in die Kutterschüssel gegeben. Diese dreht sich umso schneller, je höher die Zerkleinerungsstufe gewählt wird. In der Schüssel befinden sich mehrere, senkrecht angeordnete Messer, die das rotierende Keimgut zerkleinern. Um den Temperaturanstieg durch die Zerkleinerung feststellenen zu können, wurde während des Vorgangs 4 mal Keimlingsmasse entnommen.



Kutterschüssel

Abbildung 14: Funktionsweise des Kutters

Tabelle 3: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung mittels Kutter

Versuchsnummer	Temperatur (°C)
1	21,8
2	22,4
3	22,6
4	24,1

Erwärmung der Keimlinge während der Zerkleinerung

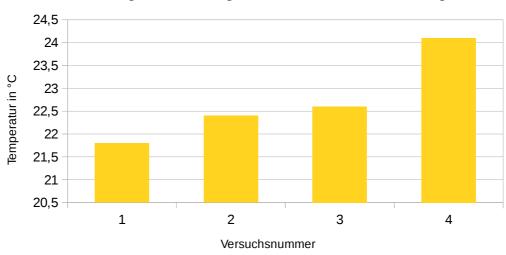


Abbildung 15: Diagramm zur Wärmeentwicklung durch den Kutter



Abbildung 16: Zerkleinerungsergebnis 1-Kutter



Abbildung 17: Zerkleinerungsergebnis 2-Kutter



Abbildung 18: Zerkleinerungsergebnis 3-Kutter



Abbildung 19: Zerkleinerungsergebnis 4-Kutter



Abbildung 20: Zerkleinerungsprozess des Kutters

3.5 Auswertung der Zerkleinerungsmethoden 3.5.1 Rotor-Stator-System

Die Masse zeigte eine gewollt pastöse Konsistenz. Auf Grund der enormen Wärmeentwicklung werden Proteinverbindungen denaturiert, wodurch diese Methode nicht für die Weiterverarbeitung von Keimlingen geeignet ist. Da zum Hauptversuch Roggenkeimlinge verwendet wurden, könnte es schon ab 50°C zu einer Verkleisterung der Roggenstärke kommen. Das Rotor-Stator-System besitzt nur eine Verkleinerungsstufe und somit ist die Temperatur kaum regelbar.

3.5.2 Fleischwolf

kleiner die Zwischenräume der Lochscheiben aufwendiger erwies sich ihre Reinigung. Ebenso nahm die Temperatur des Keimguts mit sinkender Zwischraumgröße zu. Die Kräfte, die auf die Keimlinge wirkten, erwiesen sich als zu destruktiv. Dadurch kam es zu einer Entwässerung der Keimlinge während des Zerkleinerungsprozesses. Daraus lässt sich schließen, dass Fleischwölfe nicht für Schalen und Hülsen geeignet sind.

3.5.3 Kutter

Während der Zerkleinerung konnten keinerlei negative Beeinflussungen fest gestellt werden - weder optisch, noch thermisch. Durch die stufenlose Regelung der Zerkleinerung ist es möglich, die Keimlinge von grobkörnig bis zu einer pastösen Konsistenz schonend herzustellen. Da keine kleineren Teile am Kutter enthalten sind, stellte sich die Reinigung als unkompliziert heraus.

4 Hauptversuch

4.1 Einleitung

Das Besondere an Keimlingsbroten ist, dass diese aus bis zu 100% gekeimten Getreide bestehen. Die größte Herausforderung bei der Herstellung stellt die optimale Lockerung des Brotes dar.

den enzymatisch veränderten Getreidekörnern sind keinerlei Substanzen enthalten, die eine Volumenentstehung unterstützen. Deshalb benötigt dieser Teil besondere Aufmerksamkeit. Eine Verbesserung der Lockerung des Brotes könnte auch durch eine Weizenmehl- oder Saatenzugabe verbessert werden. Allerdings bestand die Aufgabe dieses Projektes darin, nicht nur den Sauerteig, sondern auch den Hauptteig aus 100% Keimlingen zu produzieren.

Das Zusammenspiel der richtigen Menge an zugesetzter Säure und der Partikelgröße der zerkleinerten Keimlinge spielt hierbei die wichtigste Rolle.

4.2 Durchführung

Zur Herstellung des Sauerteigs wurden 5kg LiKoRo der Firma "Bohlsener Mühle" mit 5,5 Liter Leitungswasser vermengt. Für den Hauptteig wurde die doppelte Menge Korngut bei konstantem Wasservolumen verwendet. Nach einer Einweichzeit von 12 Stunden bei 26°C Raumtemperatur wurden die Roggenkörner zum Keimen in einen auf 14°C temperierten Kühlschrank gestellt. Die Körner wurden alle 4 Stunden gewaschen und umgewälzt, die Wassertemperatur betrug 20°C. Um diese Herstellungsweise auch in den Bäckereialltag zu integrieren, wurde jeweils nach dem dritten Vorgang eine Pause von 8 Stunden eingerichtet, um eine Nachtruhe zu gewährleisten. Nach 5 Minuten Abtropfen waren die Keimlinge verarbeitungsfertig.

Um das gewünschte Ergebnis von 2-3mm Keimung zu erreichen, betrug die Keimzeit für den Hauptteig 50 Stunden.

Für den Sauerteig genügte eine Keimung der Höhe 1mm, die nach 36 Stunden erreicht war.



Abbildung 21: Sauerteig, frisch angesetzt



Abbildung 22: Keimlingsmasse, nach der Zerkleinerung



Abbildung 23: Keimlingsmasse, nach der Zerkleinerung-Nahaufnahme

4.2.1 Sauerteig

Das Endgewicht der Keimlinge betrug 8,9kg, was einer Wasseraufnahme von 3,9kg oder 44% entspricht. Diese wurden im Kutter auf erster Stufe 1 Minute und auf zweiter Stufe 2,5 Minuten zerkleinert. 30 Sekunden vor Beendigung wurden 1,1 Liter Wasser mit 45g darin suspendiertem Trockenbackferment der Firma Sekuva sowie 150g Anstellgut hinzugefügt.

Es wurde die Detmolder Einstufenführung verwendet. Der Teig lagerte anschließend 15 Stunden abgedeckt bei 26°C.

4.2.2 Hauptteig

Die Zerkleinerung fand ebenfalls 1 Minute auf erster Stufe und 2,5 Minuten auf zweiter Stufe statt. 1kg Roggenbrösel (Roggenbrösel bestanden aus getrockneten Keimlingsbroten) wurden in zwei Litern warmen Wassers mit der Temperatur von 55°C eingeweicht. Nach 2,5 Stunden hatten diese eine Temperatur von 37,3°C und konnten der Keimlingsmasse im Kutter zugegeben werden. Außerdem wurden 30g Hefe in 200ml auf 36°C temperierten Wassers suspendiert. Der Teig wurde im Kneter für 5 Minuten auf erster Stufe geknetet. Die Teigtemperatur betrug 28,7°C. Nach 60 minütiger Teigruhe wurden 300g Salz hinzugefügt und 8 Minuten auf zweiter Stufe verknetet.

Nach weiteren 10 Minuten Teigruhe wurde der Teig in den Trichter der Vemag gegeben, wo er nochmal 15 Minuten ruhte. Die Teigeinwaage betrug 1216g. Die Gärkörbchen wurden vorab mit Wasser benebelt und mit Kleie ausgeschwenkt. In diesen garten die Teiglinge 25 Minuten im Stikken, der lediglich mit einem Kunststoffvorhang abgedeckt und in der Backstube stehen gelassen wurde.

Anschließend wurden die Teiglinge auf der auf 260°C vorgeheizten Herdplatte mit 200g Schwaden angebacken. Nach 60 Sekunden wurde der Zug geöffnet und nach 360 Sekunden wieder geschlossen. Die Backtemperatur betrug OH 220°C und UH 200°C für 55 Minuten. Nach 24 Stunden Lagerung betrug das Gebäckgewicht 1071g, was einen Backverlust von 11,9% bedeutet.



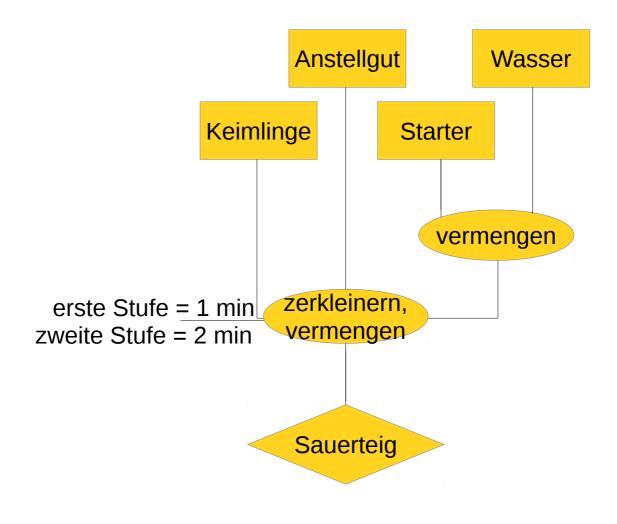
Abbildung 24: Gärkörbchen



Abbildung 25: Gärkörbchen mit Trennschicht aus Kleie

Tabelle 4: Zeitplan für das Einweichen und die Keimung für die Teigherstellung

Tag	Fr		Sa		So		Мо		Di		Mi		Do		Fr		Sa	1
Uhrzeit		15:00	03:00				05:00											
	_		05:00	17:00			05:00											
				15:00	03:00				05:00									
					05:00	17:00			05:00				•					
						15:00	03:00				05:00							
							05:00	17:00			05:00							
								15:00	03:00				05:00)				
									05:00	17:00			05:00)			_	
										15:00	03:00				05:0	00		
	L	_egende	9								05:00	17:00			05:0	00		
=	Einw	eichen [•]	für Hau	ptteig								Χ	Х				Х	
=	Kein	nung für	Hauptt	eig									X	X			Χ	
=	Einw	eichen [•]	für Sau	erteig										Χ	Х			
=	Kein	nung für	Sauert	eig									_		X	X		
=	Vera	rbeitung)													15:00	03:00	
,					_												05:00	17:00
																		15:00



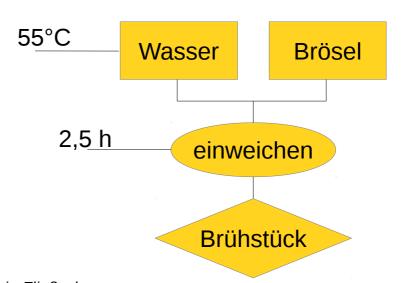


Abbildung 26: Sauerteig-Fließschema

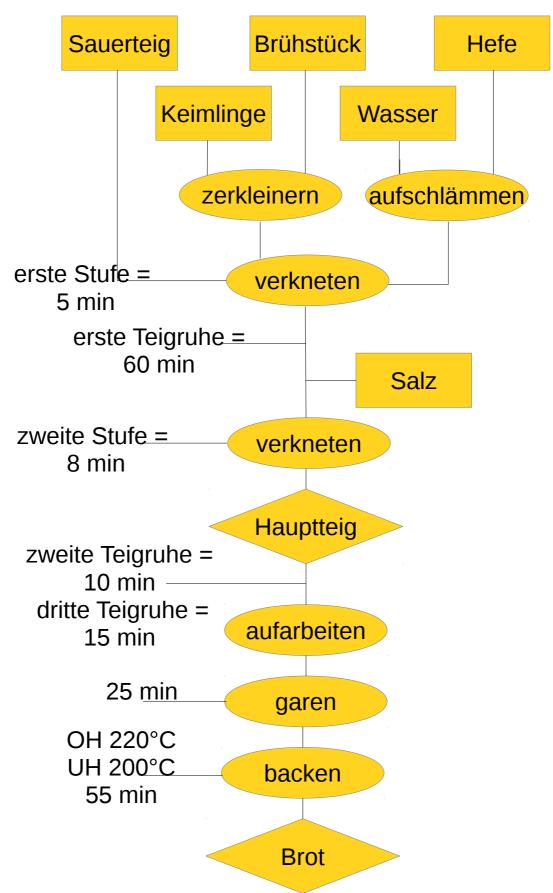


Abbildung 27: Hauptteig-Fließschema

4.3 Rohstoffe und Rezepturparameter

Tabelle 5: Zutatenmengen

Rohstoff	Menge	Parameter					
Sauerteig							
Roggenkörner	5kg	26°C - 240s Fallzahl					
Leitungswasser	5,51	26°C					
Anstellgut	150g	pH-Wert 4,87					
Backferment	45g	pulverisiert					
-frisch angesetzt: Tempe	-frisch angesetzt: Temperatur: 25,4°C; pH-Wert: 5,16						
-nach 15 Std: Tempe	-nach 15 Std: Temperatur: 26,9°C; pH-Wert: 3,72						
Hauptteig							
Roggenkörner	10kg	26°C					
Leitungswasser	11kg	26°C					
Roggenbrösel	1kg	26°C					
Leitungswasser	21	55°C					
Backhefe	30g	frisch					
Leitungswasser	200g	36°C					
Kochsalz	300g	kristallin					

4.4 Geräte und Maschinen

4.4.1 Geräte

- GN-Behälter 1/1 (gelocht); 530 x 325 x 150mm
- Kunststoffwanne; 600 x 440 x 150mm
- Kunststoffbehälter; 40l
- Schaber
- Litermaße
- Gärkörbchen, Kunststoff; 360 x 145 x 85mm
- Stikkenwagen mit Holzbretter
- Zackenrolle
- pH-Wert Messgerät
- Stoppuhr, digital

4.4.2 Maschinen

- Rotor-Stator-System; Stephan, Micro-Cut
- Fleischwolf; Möhle
- Tischkutter; Kilia 20 Liter
- Kühlschrank
- Etagenofen; Wachtel Infra-Stir
- Hubkneter; Diosna
- Vakuumfüller; Vemag

5 Ergebnisse

Um ein optimales Backergebnis zu erhalten, wurde pro Tag je ein Rezepturparameter geändert.

Die ersten Versuche wurden frei und im Verband gebacken, ohne Zusatz von Hefe und Bröseln. Der Säurezusatz musste nicht angepasst werden, da die vorhandenen Bakterienkulturen des Ansatzes bereits für die grobe Struktur von Schrotbroten ausgelegt waren.



Abbildung 28: Kastenbrot (links) und frei geschoben, ungestüpfelt (rechts)



Abbildung 29: Kastenbrot

Die Kastenbrote wurden lediglich als Vergleichsoption hergestellt.



Abbildung 30: frei geschoben, erster Versuch

Außerdem wurden die Keimlinge sowohl im Sauerteig als auch im Hauptteig gröber verarbeitet, was bei den Brotvolumina ersichtlich wurde. Denn die gröbere Struktur erschwert die Lockerung, da die Gärgase kaum im Teig gehalten werden können und die Brote somit in die Breite anstatt in die Höhe backen. Folglich wurde der Zerkleinerungsgrad der Keimlinge erhöht.



Abbildung 31: Zerkleinerung, erster Versuch

Anfangs waren die Keimzeit und die Abstände zwischen den Spülungen noch nicht optimiert - somit war die Wasseraufnahme der Keimling nicht konstant. Mögliche Differenzen in der Zugussmenge wurden der Keimlingsmasse während des Zerkleinerungsprozesses im Kutter hinzugefügt.

6 Diskussion

Nach der Beseitigung der, entgegen aller Erwartungen, geringen Anzahl an Mängeln, war ein optisch und gustatorisch ansprechendes Brot das Ergebnis. Es besaß die gewünschten Eigenschaften, wie z.B., dass die verwendeten Getreideerzeugnisse zu 100% gekeimt waren sowie eine lange Frischhaltung ohne Verwendung von technischen Hilfsstoffen oder ähnlichen Zusätzen.

Durch die Verringerung der Partikelgröße der Keimlinge und durch die Intensivierung der Zerkleinerung konnte eine gleichmäßigere, feinere Porung erreicht werden. Die Porendichte zeigte ebenfalls ein zufriedenstellendes Bild (siehe Abbildung 32, Seite 27). Wie bei Brotscheiben verlangt, war die Dichte hoch genug, um das Durchlaufen von eventuell genutztem Aufstrich zu verhindern. Der Hefezusatz erhöhte gleicherweise das Volumen und gab den Broten eine rundere Form.

Dadurch, dass die Roggenbrösel vorab eingeweicht wurden, musste dem Teig weniger freies Wasser hinzugesetzt werden. Wie sich bei einem Versuch heraus stellte, ist die Vermengung von Wasser in die Keimlingsmasse beim Knetprozess auf Grund der Struktur äußerst schwierig und benötigt eine längere Knetzeit. Um das zu unterbinden, wurde die Rezeptur so umgestellt, dass möglichst kein ungebundenes Wasser der Keimlingsmasse beim Kneten beigegeben werden muss. Bis auf 200ml zum Aufschlämmen der Hefe - dies konnte nicht verwehrt werden, da die gepresste Hefe sich nur schlecht binnen der kurzen Knetzeit im Teig verteilt.

Durch die Vermischung von den Krusten- und Krumenbestandteilen in den Roggenbröseln besaßen diese eine dunklerere Farbe und fielen in der Krume auf. Aus diesem Grund wurden die Brösel bei der Zerkleinerung der Keimlinge für den Hauptteig mit in den Kutter gegeben. So waren die Brösel fein genug, um das Krumenbild nicht negativ zu beeinflussen.

Salzzugabe schränkt die Gärtätigkeit der Hefe ein. Um eine genügende Gärung des "schweren" Teiges schon unmittelbar nach der ersten Phase der Teigausbildung und in der ersten Ruhezeit zu gewährleisten, sowie um die anschließende Gärstabilität zu erhöhen, wurde erst bei der zweiten Knetphase das Salz hinzugegeben.

Anfangs kam es hin und wieder zu kleineren Hohlräumen unter der Kruste. Daraufhin wurde der Sauerteigzusatz erhöht. Nach einer Messung des pH-Wertes wurde festgestellt, dass dieser nicht ideal war. Daraufhin wurde der pH-Wert des Sauerteigs um 0,2 c(OH⁻) reguliert. Dafür wurde ein neues Anstellgut erstellt. Es war davon auszugehen, dass das bereits vorhandene Anstellgut über die verlängerte Verwendung einen zu starken sauren Charakter erlangte. So wurde letztlich zu einem pH-Wert von 4,87 ein Drittel der Gesamtmenge der Getreidemahlerzeugnisse versäuert.

Der verwendete Sauerteig, welcher nun auf die Erschwernis der Lockerung einer groben Teigstruktur eingestellt war, erwies sich als sehr gute Wahl - sowohl für die Lockerung, als auch für den Geschmack. Die Brote besaßen eine angenehme, ausgewogene und leichte Säure.

Eine falsche Säuerung oder enzymatisch veränderte Getreideerzeugnisse führen häufig zu einer geringen Stabilität der Porenwände, was hat eine unelastische Krume zufolge hat. Ferner kann es zum Flachbacken der Brote kommen. Beides blieb bei diesen Versuchen aus.

Durch die weiche Teigkonsistenz war das Abwiegen mit dem Vakuumfüller die sinnvollste Methode. Jedoch musste der Teig vor Beginn des Abwiegens im Trichter ruhen, da sonst Lufteinschlüsse entstanden. Diese konnten zwar durch geschickte Handhabung der Teiglinge beim wälzen in der Kleie geschlossen werden, aber das Restrisiko von löchrigen Broten war dennoch zu groß.

Die Kleie zeigte nicht nur einen praktischen Vorteil als Trennschicht zwischen den Teiglingen und den Gärkörbchen. Dadurch, dass sie vor dem Einschießen nicht von den gegarten Teiglingen entfernt wurde, vervollständigte der leichte Kleiemantel auch das Gesamtbild der Korbbrote - im Gegensatz zu der herkömmlichen Methode des

Bestaubens mit Mehl, wie es bei einem der ersten Versuche getan wurde. Die beim Backen entstandenen Melanoidine in der Kleie gaben zusätzlich ein angenehmeres Röstaroma, als das des Mehls.

Die Brote besaßen eine enorme Frischhaltung. Die verarbeitete Wassermenge in den Broten war so hoch, dass es erst nach mindestens 30 Stunden möglich war, die Brote ohne Defizite zu Schneiden. Auch das Trocknen für die Verarbeitung zu Roggenbröseln dauerte vergleichsweise länger, als bei anderen Broten.

Die ungewollte Rissbildung an der Oberfläche wurde durch die Verwendung einer Zackenrolle vor dem Einschießen korrigiert. So konnte der Luftausstoß von den Broten dirigiert werden. Folglich war eine glatte, rissfreie Oberfläche das Ergebnis.

Der charakteristische, nussig-würzige Eigengeschmack der Keimlinge harmonisierte mit dem Aroma des Sauerteigs und ergab einen abgerundeten Brotgeschmack.

Als Vergleichsoption wurden Brote mit den gleichen Zutatenmengen und Parametern hergestellt, jedoch aus Weizenkeimlingen. Der Teig machte einen "überkneteten" Eindruck. Wahrscheinlich auf Grund der geringen Enzymaktivität und des hohen Proteingehalts im Weizen, welcher nicht vollständig abgebaut wurde. Dadurch war der Teig sehr klebrig, schmierig und äußerst weich. Außerdem war ein unangenehmer Geruch zu bemerken. Die weitere Aufarbeitung sowie die Backergebnisse waren nicht zufrieden stellend.



Abbildung 32: Endergebnis der Versuche



Abbildung 33: Endergebnis der Versuche



Abbildung 34: Anschnitt des Endversuchs

7 Zusammenfassung

Die finalen Backergebnisse zeigten hochwertige Brote, die optisch nicht von einer konventionellen Herstellungsweise zu unterscheiden waren. Das hypothetisierte Problem zur Erreichung der optimalen Lockerung und Porung bestätigte sich, konnte aber durch einfache Maßnahmen und Mittel gelöst werden. Schon nach wenigen Versuchen wurde heraus gefunden, wie die Verwendung von 100% gekeimten Getreideerzeugnis mit dem richtigen Anstellgut sowie der richtigen Säuremenge am besten harmoniert. Die verwendete Sauerteigführung war die Detmolder Einstufenführung. Auch wenn bei dieser Führung das Aroma sowie das Säureverhältnis nicht ganz ausgewogen sind, wurden keine genüsslichen Einbußen bemerkt. Umso weniger freies Wasser der Keimlingsmasse beim Knetprozess hinzugefügt wird, desto homogener erweist sich Teig nach kürzester Knetzeit. Die Struktur der zerkleinerten Keimlinge besitzt großen Einfluss auf das Backergebnis. Bei den Versuchen in diesem Projekt erwies es sich als sinnvoll, die Partikelgröße der Keimlinge für den Sauer- und Hauptteig möglichst klein zu halten. Aber auch mit gröberer Struktur ist es möglich, Brote herzustellen - allerdings nicht mit den gleichen Zutatenmengen und Parametern.

Die Herstellung von Keimlingsbroten aus 100% Weizenkeimlingen konnte im Rahmen dieses Projektes nicht möglich gemacht werden. Die zu geringe Enzymaktivität im Weizen zersetzt zu wenig der kleberbildenen Inhaltsstoffe, so dass ein schmieriger, schwer zu verarbeitender Teig mit einem unangenehmen Geruch entsteht.

Mit einem guten Rezept ist die Aufarbeitung und die Herstellung des Teiges zu Keimlingsbroten aus Roggen einfach und unproblematisch. Der schwierigste Teil ist der Keimprozess, die Gewährleistung der konstanten Keimtemperatur, die manuelle, regelmäßige Lüftung als auch die Bewässerung. Auch bei nicht penibler Einhaltung dieser Konstanten ist mit etwas Wissen über die Materie eine rasche Fehlererkennung samt der Ergreifung nötiger Gegenmaßnahmen möglich.

8 Summary

The final results showed quality breads that were indistinguishable from a product of conventional methods. The former hypothesized problem of achieving the optimum relaxation and pore structure was confirmed, but could be solved by simple measures and tools.

After just a few tests, a suitable leaven and the right amount of acid were found to use with 100% germinated cereals.

The sourdough was made considering the Detmolder Einstufenführung. Although the resulting flavor, as well as the acid ratio were not quite balanced, no losses of treat were notable.

The less free water is added to the seedling mass during kneading process, the more homogeneous dough is provided after a short period of processing.

The structure of the crushed seedlings has great influence on the baking results. During the experiments of this project it turned out to be favourable to keep the particle size of the crushed seedlings as small as possible. But even with coarser structure, it is possible to produce bread,

but not with the same ingredients, amounts and parameters.

The production of bread made from 100% wheat seedlings could not be realized within the context of this project. The insufficient enzyme activity in wheat decomposes too little of gluten forming ingredients and thus, a greasy, hard to be process dough with an unpleasant odor arises.

With a good recipe, the preparing and the processing of dough into loaves of rye seedling is simple and straightforward. The hardest part is the germination process, while ensuring constant temperature for germination, as well as regular ventilation and irrigation. Even without meticulous observance is possible to, given a bit of knowledge about the matter, soon detect faults and to take necessary countermeasures.

9 Fazit

Der für die Keimlingszerkleinerung verwendete Kutter brachte sehr gute Ergebnisse hervor. Die pastöse Masse ließ sich gut verarbeiten. Dennoch könnte mit anderen Arten der Zerkleinerung experimentiert werden. Möglicherweise können durch Quetschen oder einer ähnlichen Methode die gekeimten Getreidekörner noch schonender, weil langsamer bearbeitet werden. Ebenfalls kann der Keimprozess durch eine Senkung der Temperatur verlangsamt werden, so dass die Enzyme in den Keimlingen genügend Zeit erhalten, alle unerwünschten Inhaltsstoffe ab- bzw. umzubauen.

Auch nach Einstellung der Parameter wurden geringfügige Unterschiede von der Wasseraufnahme in den Chargen der Keimlinge festgestellt. Um eine konstante Quellung zu gewährleisten, wäre es sinnvoll, die Getreidekörner vor den Versuchsdurchführungen auf Feuchtigkeitsgehalt und Festigkeit zu untersuchen.

Die Versuchsreihe mit den Weizenkeimlingen zeigte keinesfalls zufriedenstellende Ergebnisse. Die Keimdauer müsste so weit verlängert werden, bis nahezu die gesamte Menge an kleberausbildenen Stoffen abgebaut sind. Des weiteren wäre es erforderlich, die Wassermenge anzupassen. Der Teig besaß eine zu geringe Festigkeit für die Aufarbeitung, so dass das Gashaltevermögen und somit auch die Lockerung stark beeinträchtigt waren. Dieses war den Backergebnissen anzumerken. Es ist unklar, in wie fern sich dieses Defizit mit einem angepassten Sauerteiganteil ausgleichen lässt.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: nach 12 Std. Einweichung	7
Abbildung 2: nach 12 Std. Keimung	7
Abbildung 3: Endstadium des Keimprozesses	
Abbildung 4: Funktionsweise des Rotor-Stator-Systems	8
Abbildung 5: Zerkleinerungsergebnis Rotor-Stator-System	9
Abbildung 6: Funktionsweise des Fleischwolfs	9
Abbildung 7: Diagramm zur Wärmeentwicklung vom Fleischwolf	10
Abbildung 8: Produktausgabe des Fleischwolfs	10
Abbildung 9: Keimlinge mit 8mm Zerkleinerung	11
Abbildung 10: Keimlinge mit 5mm Zerkleinerung	11
Abbildung 11: Keimlinge mit 3mm Zerkleinerung	11
Abbildung 12: Keimlinge mit 2mm Zerkleinerung	11
Abbildung 13: Lochscheiben des Fleischwolfs in 8,5,3 und 2mm (v.l.)	12
Abbildung 14: Funktionsweise des Kutters	
Abbildung 15: Diagramm zur Wärmeentwicklung durch den Kutter	13
Abbildung 16: Zerkleinerungsergebnis 1-Kutter	14
Abbildung 17: Zerkleinerungsergebnis 2-Kutter	14
Abbildung 18: Zerkleinerungsergebnis 3-Kutter	14
Abbildung 19: Zerkleinerungsergebnis 4-Kutter	
Abbildung 20: Zerkleinerungsprozess des Kutters	15
Abbildung 21: Sauerteig, frisch angesetzt	
Abbildung 22: Keimlingsmasse, nach der Zerkleinerung	
Abbildung 23: Keimlingsmasse, nach der Zerkleinerung-Nahaufnahme	18
Abbildung 24: Gärkörbchen	20
Abbildung 25: Gärkörbchen mit Trennschicht aus Kleie	20
Abbildung 26: Sauerteig-Fließschema	22
Abbildung 27: Hauptteig-Fließschema	23
Abbildung 28: Kastenbrot (links) und frei geschoben, ungestüpfelt (rechts)	26
Abbildung 29: Kastenbrot	26
Abbildung 30: frei geschoben, erster Versuch	27
Abbildung 31: Zerkleinerung, erster Versuch	27
Abbildung 32: Endergebnis der Versuche	31
Abbildung 33: Endergebnis der Versuche	
Abbildung 34: Anschnitt des Endversuchs	31

11 Tabellenverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung mittels Fleischwolf	Tabelle 1: Temperaturwerte der Keimlingsherstellung	6
Tabelle 3: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung mittels Kutter	Tabelle 2: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung	í
mittels Kutter	mittels Fleischwolf	9
Tabelle 4: Zeitplan für das Einweichen und die Keimung für die Teigherstellung 18	Tabelle 3: gemessene Temperaturen der Keimlingsmasse nach der Zerkleinerung	í
	mittels Kutter	12
Tabelle 5: Zutatenmengen21	Tabelle 4: Zeitplan für das Einweichen und die Keimung für die Teigherstellung	18
	Tabelle 5: Zutatenmengen	21

12 Quellen- und Literaturverzeichnis

- Essener Brot Herstellung und Verwendung von Keimlingen in der Bäckerei - Leitfaden - von FiBL Deutschland e.V.
- Keimlinge als neuartige multifunktionelle Zutat in ökologischen Backwaren - Optimierung der Herstellung und Verwendung von FiBL Deutschland e.V.
- Verarbeitung von Roggen- und Weizenmahlerzeugnissen mit niedrigen Fallzahlen von Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V.
- · Biokraftstoffe und Biokraftstoffprojekte, 2014 von Jörg Böttcher, Nina Hampl, Martin Kügemann, Florian Lüdeke-Freund; Springer https://books.google.de/books?id=3cLlBAAAQBAJ&pg=PA189&lpg= PA189&dq=gibberellins%C3%A4ure+roggen&source=bl&ots=lboD1E3T_ n&sig=6kyXqQv3VWCDmbPwpm6fiOnM0Pc&hl=de&sa=X&ei=8kvXVLqtG uWiyAP0nYH4Ag&ved=0CDYQ6AEwBA#v=onepage&q=gibberellins %C3%A4ure%20roggen&f=false 08.02.2015
- Technologie der Backwarenherstellung, 10. Auflage, 2009 von Schünemann/Treu

https://books.google.de/books?id=t8FEL3EIEcC&pg=PA123&lpg=PA 123& dg=auswuchsgesch%C3%A4digtes+getreide&source=bl&ots=UOhl3J4 Yeb&sig=vbvz8czReVix-8ZET2dQ6xk4jWY&hl=de&sa=X&ei=7yPXVLOC AaiGywOr1oHoBA&ved=0CEgQ6AEwBw#v=onepage&q= auswuchsgesch%C3%A4digtes%20getreide&f=false 08.02.2015

- RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie, 2. Auflage, 2006 von Gerhard Eisenbrand, Peter Schreier, Alfred Hagen Meyer
- https://books.google.de/books?id=gyWGAwAAQBAJ&pg=PA92&lpg= PA92&dq=auswuchsgesch%C3%A4digtes+getreide&source=bl&ots =H3AjO6kErp&sig=XSsZBaUQ_w9ivYjORPsk3RUtFn0&hl=de&sa=X&ei= 7yPXVLOCAaiGywOr1oHoBA&ved=0CEMQ6AEwBg#v=onepage&q=aus wuchsgesch%C3%A4digtes%20getreide&f=false 08.02.2015
- http://cerajo.lima-city.de/Zellatmung.pdf 08.02.2015
- http://www.gscheitessen.at/index.phpoption=com_content&view=article &id=37:keimlinge-und-sprossen&catid=11:produkt-der-saison&Itemid=27 08.02.2015
- http://meriones persicus.beepworld.de/bildschirmschoner.htm 08.02.2015
- http://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/oeko lehrmittel/ Fachsschulen Agrar/Landwirtschaft/flw modul d/flw d 02/flwmd02 13ne u.pdf 08.02.2015
- http://www.was-wir-essen.de/abisz/huelsenfruechte soja keimlinge erzeugung eigenanzucht.php 08.02.2015

13 Danksagung

Ohne die Bereitstellung der Fleischereimaschinen vorab des Projektes, sowie die Leihgabe und das dafür nötige Vertrauen währenddessen, wären die zielführenden Durchführungen nur erschwert möglich gewesen.

Vielen Dank für die Koorperation und die Unterstützung von den Fachlehrern für Fleischereitechnik der Emil-Fischer-Schule.

14 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich diese Technikerarbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln erstellt habe.

Berlin, 15.04.2015

Friederike Freudenberg